

08.1.2004

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

REC'D 03 FEB 2004

WIPO PCT

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日
Date of Application: 2003年 1月 9日

出願番号
Application Number: 特願2003-003775
[ST. 10/C]: [JP2003-003775]

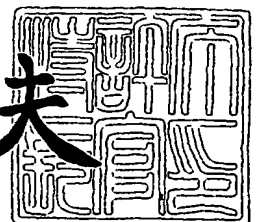
出願人
Applicant(s): ソニー株式会社

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

2003年12月 9日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今井康夫



BEST AVAILABLE COPY

【書類名】 特許願

【整理番号】 0290757204

【提出日】 平成15年 1月 9日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 C01B 31/00

【発明者】

【住所又は居所】 東京都品川区北品川 6 丁目 7 番 3 5 号 ソニー株式会社
内

【氏名】 ダラム パル ゴサイン

【発明者】

【住所又は居所】 東京都品川区北品川 6 丁目 7 番 3 5 号 ソニー株式会社
内

【氏名】 梶浦 尚志

【発明者】

【住所又は居所】 東京都品川区北品川 6 丁目 7 番 3 5 号 ソニー株式会社
内

【氏名】 丸山 竜一郎

【発明者】

【住所又は居所】 東京都品川区北品川 6 丁目 7 番 3 5 号 ソニー株式会社
内

【氏名】 白石 誠司

【発明者】

【住所又は居所】 東京都品川区北品川 6 丁目 7 番 3 5 号 ソニー株式会社
内

【氏名】 黄 厚金

【発明者】

【住所又は居所】 東京都品川区北品川 6 丁目 7 番 3 5 号 ソニー株式会社
内

【氏名】 角野 宏治

【発明者】

【住所又は居所】 東京都品川区北品川 6 丁目 7 番 3 5 号 ソニー株式会社
内

【氏名】 和智 滋明

【発明者】

【住所又は居所】 東京都品川区北品川 6 丁目 7 番 3 5 号 ソニー株式会社
内

【氏名】 阿多 誠文

【特許出願人】

【識別番号】 000002185

【氏名又は名称】 ソニー株式会社

【代理人】

【識別番号】 100098785

【弁理士】

【氏名又は名称】 藤島 洋一郎

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 019482

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9708092

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 転写用原盤の製造方法および転写用原盤、ならびに基板の製造方法および基板

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 素材基板の表面に対して所望のパターンに応じて変調された熱分布を与え、前記素材基板の表面を溶融させる溶融工程と、

前記素材基板の表面を放熱させることにより、前記熱分布に応じた位置に突起のパターンを形成する突起形成工程と

を含むことを特徴とする転写用原盤の製造方法。

【請求項 2】 前記熱分布を、エネルギービームの照射により与えることを特徴とする請求項 1 記載の転写用原盤の製造方法。

【請求項 3】 前記熱分布を、前記エネルギービームを所望のパターンに応じて一次元方向または二次元方向に回折させることにより与えることを特徴とする請求項 2 記載の転写用原盤の製造方法。

【請求項 4】 前記素材基板は、少なくとも表面が転写物質により構成されている

ことを特徴とする請求項 1 記載の転写用原盤の製造方法。

【請求項 5】 前記転写物質は、触媒機能を有する金属であることを特徴とする請求項 4 記載の転写用原盤の製造方法。

【請求項 6】 前記転写物質は、誘電体材料または磁性体材料であることを特徴とする請求項 4 記載の転写用原盤の製造方法。

【請求項 7】 前記転写物質は、バナジウム (V)、マンガン (Mn)、鉄 (Fe)、コバルト (Co)、ニッケル (Ni)、モリブデン (Mo)、タンタル (Ta)、タングステン (W)、白金 (Pt)、イットリウム (Y)、ルテチウム (Lu)、ホウ素 (B)、銅 (Cu)、リチウム (Li)、シリコン (Si)、クロム (Cr)、亜鉛 (Zn)、パラジウム (Pd)、銀 (Ag)、ルテニウム (Ru)、チタン (Ti)、ランタン (La)、セリウム (Ce)、プラセオジウム (Pr)、ネオジウム (Nd)、テルビウム (Tb)、ジスプロシウム (Dy)、ホルミウム (Ho) およびエルビウム (Er) からなる群のうちの少なく

とも1種、またはその化合物である

ことを特徴とする請求項4記載の転写用原盤の製造方法。

【請求項8】 前記突起の表面に転写物質からなる被膜を形成する被膜形成工程をさらに含む

ことを特徴とする請求項1記載の転写用原盤の製造方法。

【請求項9】 前記転写物質が、触媒機能を有する金属であることを特徴とする請求項8記載の転写用原盤の製造方法。

【請求項10】 前記転写物質が、誘電体材料または磁性体材料であることを特徴とする請求項8記載の転写用原盤の製造方法。

【請求項11】 前記転写物質が、バナジウム (V)、マンガン (Mn)、鉄 (Fe)、コバルト (Co)、ニッケル (Ni)、モリブデン (Mo)、タンタル (Ta)、タングステン (W)、白金 (Pt)、イットリウム (Y)、ルテチウム (Lu)、ホウ素 (B)、銅 (Cu)、リチウム (Li)、シリコン (Si)、クロム (Cr)、亜鉛 (Zn)、パラジウム (Pd)、銀 (Ag)、ルテニウム (Ru)、チタン (Ti)、ランタン (La)、セリウム (Ce)、プラセオジウム (Pr)、ネオジウム (Nd)、テルビウム (Tb)、ジスプロシウム (Dy)、ホルミウム (Ho) およびエルビウム (Er) からなる群のうちの少なくとも1種、またはその化合物である

ことを特徴とする請求項8記載の転写用原盤の製造方法。

【請求項12】 素材基板の表面に対して所望のパターンに応じて変調された熱分布を与え、前記素材基板の表面を溶融させた後、前記素材基板の表面を放熱させることにより、前記熱分布に応じた位置に突起のパターンが形成されている

ことを特徴とする転写用原盤。

【請求項13】 前記素材基板は、少なくとも表面が転写物質により構成されている

ことを特徴とする請求項12記載の転写用原盤。

【請求項14】 複数の突起を有し、前記突起の間隔が100nm以下である

ことを特徴とする請求項 12 記載の転写用原盤。

【請求項 15】 複数の突起を有し、前記突起の間隔が 50 nm 以下であることを特徴とする請求項 12 記載の転写用原盤。

【請求項 16】 前記突起は、転写物質からなる被膜で覆われていることを特徴とする請求項 12 記載の転写用原盤。

【請求項 17】 素材基板の表面に対して所望のパターンに応じて変調された熱分布を与え、前記素材基板の表面を溶融させる溶融工程と、

前記素材基板の表面を放熱させることにより、前記素材基板の前記熱分布に応じた位置に少なくとも先端部が転写物質からなる突起を形成して、表面に突起のパターンを有する転写用原盤を作製する原盤作製工程と、

前記転写用原盤のパターンを被転写基板に転写させて基板を作製する転写工程と

を含むことを特徴とする基板の製造方法。

【請求項 18】 前記転写工程において加熱処理を行うことを特徴とする請求項 17 記載の基板の製造方法。

【請求項 19】 前記転写工程において、前記転写用原盤と前記被転写基板との相対的位置をずらして、前記転写用原盤のパターンを前記被転写基板に複数回転写させる

ことを特徴とする請求項 17 記載の基板の製造方法。

【請求項 20】 前記原盤作製工程において、前記素材基板の表面に突起を形成したのち、前記突起の表面に転写物質からなる被膜を形成する

ことを特徴とする請求項 17 記載の基板の製造方法。

【請求項 21】 前記転写工程において前記突起の先端の被膜を構成する転写物質を前記被転写基板に転写する

ことを特徴とする請求項 20 記載の基板の製造方法。

【請求項 22】 素材基板の表面に対して所望のパターンに応じて変調された熱分布を与え、前記素材基板の表面を溶融させた後、前記素材基板の表面を放熱させることにより、前記熱分布に応じた位置に少なくとも先端部が転写物質からなる突起を形成して、表面に突起のパターンを有する転写用原盤を作製し、前

記転写用原盤からパターンを被転写基板に転写することにより形成されたことを特徴とする基板。

【請求項 23】 前記転写用原盤のパターンは、複数の突起からなり、前記突起の間隔が 100 nm 以下である

ことを特徴とする請求項 22 記載の基板。

【請求項 24】 前記転写用原盤のパターンは、複数の突起からなり、前記突起の間隔が 50 nm 以下である

ことを特徴とする請求項 23 記載の基板。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、表面に金属触媒等のパターンを有し、カーボンナノチューブ等の筒状炭素分子の製造に好適な基板を作製するための転写用原盤の製造方法、およびその方法により得られる転写用原盤、ならびにこの転写用原盤を用いた基板の製造方法およびその方法により得られる基板に関する。

【0002】

【従来の技術】

近年のナノテクノロジーの進歩は著しく、なかでもカーボンナノチューブ等の分子構造体は、熱伝導性、電気伝導性、機械的強度などで優れた特性を持つ安定した材料であることから、トランジスタ、メモリ、電界電子放出素子（エミッタ）等の幅広い用途への応用が期待されている。このカーボンナノチューブの大量合成の手法の 1 つとして、例えば、鉄（Fe）などの遷移金属のパターンを形成し、その遷移金属パターンを触媒としてカーボンナノチューブを成長させる技術がある（例えば、非特許文献 1 参照。）。また、触媒から核を形成してアモルファス膜を結晶化させることによって、結晶粒径の位置を制御する技術が知られている（例えば、非特許文献 2 参照。）。

【0003】

更に、シリコン（Si）基板にニッケル（Ni）をコーティングすることによってニッケルの突起を有する原盤を作製し、この原盤を非晶質シリコン（a-S

i) 基板に押し当ててニッケルを非晶質シリコン基板に転写する技術が知られている (例えば、非特許文献 2 参照。)。

【0004】

ところで、基板上に、遷移金属を中心とする金属触媒を所定のパターンで形成する方法としては、半導体の大量生産の技術として用いられるフォトリソグラフィの手法を応用することが考えられる。半導体技術とともに成長してきたフォトリソグラフィは、現在では最小 $0.05\ \mu\text{m}$ (50 nm) のサイズで構造体を二次元に構成することが可能である。その原理は、一枚のマスキパターンを作製し、このパターンをエネルギービームの助けにより転写することで大量の半導体デバイスの製造を可能とするものである。フォトリソグラフィにより触媒のパターンを形成するには、例えば、基板上にフォトレジストを塗布し、マスキパターンを通過するエネルギービームにより感光させた後、所定の領域のみレジストを除去して、レジストを除去した領域にのみ触媒などのパターンを形成することができる。

【0005】

また、本発明に関連する他の技術として、半導体材料から不純物を除去するのに用いられる帯域溶融法 (ゾーンメルティング) がある。これは、半導体に高周波加熱などによって幅の狭い溶融帯を作り、この溶融帯をゆっくり移動させることにより、溶融部分に不純物を集めるものである。

【0006】

【非特許文献 1】

日刊工業新聞、平成 14 年 4 月 11 日付記事、「CNT のフィールドエミッター 4 ボルト低電圧で電子放出」

【非特許文献 2】

K.Makihara et al, AM-LCD, '02, pp 25

【0007】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、従来のフォトリソグラフィの手法では、微細な加工をするためには、エネルギービームの波長を短くしなければならず、現在の技術ではこれ以

上の短波長化は困難である。そのため、フォトリソグラフィにより遷移金属等のパターンを形成する場合には、遷移金属パターンの寸法は、エネルギービームの波長で定まり、現在の技術では $0.05\mu\text{m}$ (50nm) 以下にすることができず、また、パターンの間隔 (ピッチ) は 100nm 以下にすることができない。すなわち、従来の手法では、金属触媒等のより微細なパターンを、大量に形成するには限界があるという問題があった。

【0008】

本発明はかかる問題点に鑑みてなされたもので、第1の目的は、転写により、より微細なパターンを被転写基板の所望の位置に精度よく形成することが可能な転写用原盤の製造方法を提供することにある。

【0009】

本発明の第2の目的は、より微細なパターンを所定の位置に有し、カーボンナノチューブ等の分子構造体の製造に好適な基板を大量に製造可能な転写用原盤を提供することにある。

【0010】

本発明の第3の目的は、上記転写用原盤を用いた基板の製造方法およびそれにより得られる基板を提供することにある。

【0011】

【課題を解決するための手段】

本発明による転写用原盤の製造方法は、素材基板の表面に対して所望のパターンに応じて変調された熱分布を与え、素材基板の表面を溶融させる溶融工程と、素材基板の表面を放熱させることにより、熱分布に応じた位置に突起のパターンを形成する突起形成工程とを含むものである。

【0012】

本発明による転写用原盤は、素材基板の表面に対して所望のパターンに応じて変調された熱分布を与え、素材基板の表面を溶融させた後、素材基板の表面を放熱させることにより、熱分布に応じた位置に突起のパターンが形成された構成を有するものである。

【0013】

ここで、「素材基板」は少なくとも表面が触媒金属等の転写物質により構成されていればよい。したがって、素材基板全体が転写物質により構成されていてもよいが、表面部分のみが転写物質により層状に形成されたもの、あるいは表面に転写物質からなる被膜が形成されたものでもよい。また、「転写物質」は、転写用原盤に形成された突起パターンの最先端部分から少なくとも一部が他の基板（被転写基板）へ写しとることができるものであればよく、例えば触媒機能を有する金属を用いることができ、更に、用途によっては誘電体材料または磁性体材料を用いることができる。

【0014】

また、「突起」とは、基板の表面から隆起し、その高さが1 nm以上の場合をいい、点在する突起だけでなく、突条形状のものも含む。

【0015】

本発明による基板の製造方法は、素材基板の表面に対して所望のパターンに応じて変調された熱分布を与え、素材基板の表面を溶融させる溶融工程と、素材基板の表面を放熱させることにより、素材基板の熱分布に応じた位置に少なくとも先端部が転写物質からなる突起を形成して、表面に突起のパターンを有する転写用原盤を作製する原盤作製工程と、転写用原盤のパターンを被転写基板に転写させて基板を作製する転写工程とを含むものである。

【0016】

なお、ここでの「素材基板」は、全体が転写物質により構成されているもの、表面部分のみが転写物質により層状に形成されたもの、あるいは表面に転写物質からなる被膜が形成されるものでもよいことは上記と同様であるが、更に、例えばシリコン（Si）などの第1の物質中に鉄（Fe）などの転写物質からなる第2の物質を添加材として含む素材基板であってもよい。要は、熱分布に応じた位置に少なくとも突起の先端部が転写物質からなるパターンを形成できるものであればよい。

【0017】

本発明による基板は、素材基板の表面に対して所望のパターンに応じて変調された熱分布を与え、素材基板の表面を溶融させた後、素材基板の表面を放熱させ

ることにより、熱分布に応じた位置に少なくとも先端部が転写物質からなる突起を形成して、表面に突起のパターンを有する転写用原盤を作製し、この転写用原盤からパターンを被転写基板に転写して形成された構成を有するものである。

【0018】

本発明による転写用原盤の製造方法および転写用原盤では、素材基板の表面に対して所望のパターンに応じて変調された熱分布が与えられ、素材基板の表面が溶融される。そののち、素材基板の表面を放熱させることにより、熱分布に応じた位置に触媒金属等からなる微細な突起のパターンが形成される。

【0019】

本発明による基板の製造方法および本発明による基板では、上記方法により作製された転写用原盤から、そのパターンが被転写基板に転写される。

【0020】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態について、図面を参照して詳細に説明する。

【0021】

〔第1の実施の形態〕

まず、図1ないし図3を参照して、本発明の第1の実施の形態に係る転写用原盤の製造方法および基板の製造方法について説明する。本実施の形態は、転写物質（ここでは、触媒金属）からなる素材基板10の表面に、転写物質の突起のパターンを形成し、これを転写用原盤とするものである。具体的には、素材基板10の表面に所望のパターンに応じて変調された熱分布11を与え、素材基板10の表面を溶融させる「溶融工程」と、素材基板10の表面を放熱させることにより、熱分布11に応じた位置に、すなわち、所望のパターンで突起を形成する「突起形成工程」とを含むものである。

【0022】

このような工程により作製された転写用原盤から、そのパターンを被転写基板に転写させる「転写工程」を経て、本実施の形態に係る基板が得られるもので、この基板は例えばカーボンナノチューブの成長基板として利用される。

【0023】

(溶融工程)

まず、図1を参照して溶融工程を説明する。素材基板10は、本実施の形態では金属触媒としての鉄(Fe)により構成されている。素材基板10は、厚さが例えば40nmであり、例えばシリコン(Si)により構成された支持体10Aにより保持されている。なお、素材基板10が十分な厚さを有している場合には、支持体10Aは不要である。

【0024】

素材基板10の材料は、例えばカーボンナノチューブを形成するための金属触媒としては、上述の鉄(Fe)の他、バナジウム(V)、マンガン(Mn)、コバルト(Co)、ニッケル(Ni)、モリブデン(Mo)、タンタル(Ta)、タングステン(W)または白金(Pt)が挙げられる。また、イットリウム(Y)、ルテチウム(Lu)、ホウ素(B)、銅(Cu)、リチウム(Li)、シリコン(Si)、クロム(Cr)、亜鉛(Zn)、パラジウム(Pd)、銀(Ag)、ルテニウム(Ru)、チタン(Ti)、ランタン(La)、セリウム(Ce)、プラセオジム(Pr)、ネオジム(Nd)、テルビウム(Tb)、ジスプロシウム(Dy)、ホルミウム(Ho)またはエルビウム(Er)を用いてもよい。なお、以上の物質は2種以上同時に使用してもよく、また、これら物質の2種以上からなる化合物を用いてもよい。また、金属フタロシアン化合物、メタセロン、金属塩を用いることも可能である。更に、酸化物あるいはシリサイドであってもよい。

【0025】

加えて、用途によっては、素材基板10の材料は、アルミニウム(Al)、シリコン(Si)、タンタル(Ta)、チタン(Ti)、ジルコニウム(Zr)、ニオブ(Nb)、マグネシウム(Mg)、ホウ素(B)、亜鉛(Zn)、鉛(Pb)、カルシウム(Ca)、ランタン(La)、ゲルマニウム(Ge)などの金属および半金属などの元素の、窒化物、酸化物、炭化物、フッ化物、硫化物、窒酸化物、窒炭化物、または酸炭化物などからなる誘電体材料を用いることが可能である。具体的には、 AlN 、 Al_2O_3 、 Si_3N_4 、 SiO_2 、 MgO 、 Y_2O_3 、 $MgAl_2O_4$ 、 TiO_2 、 $BaTiO_3$ 、 $SrTiO_3$ 、 Ta_2O_5

, SiC, ZnS, PbS, Ge-N, Ge-N-O, Si-N-O, CaF₂, LaF, MgF₂, NaF, TiF₄ などである。更にまた、これらの材料を主成分とする材料や、これらの材料の混合物、例えばAlN-SiO₂ を用いることも可能である。加えてまた、鉄(Fe), コバルト(Co), ニッケル(Ni), ガドリニウム(Gd)等の磁性体材料を用いることもできる。

【0026】

熱分布11は、素材基板10の表面温度がエネルギービーム12の照射により空間的に変調されて、高温領域11Hと低温領域11Lとが周期的に形成されたものである。エネルギービーム12は、波長および位相の揃った平行光であり、本実施の形態では、高出力を得るため、例えばXeClエキシマレーザを用いる。

【0027】

本実施の形態では、熱分布11は、エネルギービーム12を回折格子13で回折させることにより与えられる。回折格子13は、エネルギービーム12を回折させてエネルギー量を空間的に変調するものであり、例えば、光学ガラス板に、直線状の平行な溝13Aが一定の周期間隔Pで一次元方向に配列されたものである。本実施の形態では、例えば、石英材料よりなる板に直線状の平行な溝13Aが例えば1 μ mの周期間隔Pで一次元方向に配列され、エネルギービーム12のエネルギー量を、溝13Aが配列されている方向に沿って一次元方向に変調するようになっている。なお、回折格子13は必ずしも溝などの凹凸を形成したものに限られず、例えば、エネルギービーム12の透過部分と非透過部分とが印刷により形成されたものであってもよい。

【0028】

このような回折格子13を用いることにより、高温領域11Hは、溝13Aの延長方向に沿った直線状に形成されると共に、溝13Aの配列されている方向に沿って一次元方向に配列される。熱分布11の空間的周期T、すなわち高温領域11Hの間隔(ピッチ)は、回折格子13の周期間隔Pおよびエネルギービーム12の波長 λ に応じて定まる。波長 λ を小さくするほど、または、周期間隔Pを微細にするほど熱分布11の空間的周期Tを微細化することができる。

【0029】

エネルギービーム 12 のエネルギー量は、低温領域 11 L において素材基板 10 の表面が熔融する温度となるように設定される。これにより、素材基板 10 の表面の全体を熔融させることができる。このとき、エネルギービーム 12 としてエキシマレーザを用いる場合には、パルス発光の照射回数によりエネルギー量の制御を行うことができる。本実施の形態では、例えば、エネルギービーム 12 のエネルギー量を $350 \text{ mJ} / \text{cm}^2$ 、パルス照射回数を 100 回とする。

【0030】

(突起形成工程、原盤作製工程)

次に、図 2 を参照して突起形成工程を説明する。すなわち、熔融工程において素材基板 10 の表面を熔融させたのち、エネルギービーム 12 の照射を止めると、素材基板 10 の表面の温度は徐々に低下して凝固するが、このとき、熔融工程において照射されたエネルギービーム 12 のエネルギー量が一定値を超えている場合には、高温領域 11 H に対応する位置に、素材基板 10 の表面から隆起した突起 14 が形成され、素材基板 10 の表面に突起 14 を有する転写用原盤（以下、原盤という）15 が形成される。

【0031】

突起 14 は、高温領域 11 H が溝 13 A に対応して一次元方向に配列された直線状であるので、これに対応して、一次元方向に配列された直線状のリブ（突条）のパターンとして形成される。突起 14 の幅（線幅）W、すなわち熱分布 11 の変調方向における突起 14 の下端部の寸法は、熔融温度および冷却速度により定まる。熔融温度は、エネルギービーム 12 のエネルギー量、すなわちエキシマレーザの場合にはパルス照射回数によって制御することができ、熔融温度が高いほど、突起 14 の幅 W は大きくなる。冷却速度は、素材基板 10 または素材基板 10 のホルダーを真空中またはガス雰囲気中に配置する方法、ガスフローによる方法、水または液体窒素中で冷却する方法、あるいは加熱しながらゆっくり冷却する方法などによって制御することができ、冷却速度が速いほど突起 14 の幅 W は大きくなる。突起 14 の幅 W は、原理的には素材基板 10 の構成物質の原子の大きさより大きい任意の値をとり得るものであり、熔融温度および冷却速度を制

御することにより従来のフォトリソグラフィ技術では不可能であった50nm未満を実現することができる。

【0032】

突起14の幅Wの具体的な値は、後述する基板の用途によって定められるが、例えばカーボンナノチューブを形成する場合には、突起14の幅Wは、0.4nm以上50nm未満であることが好ましい。カーボンナノチューブの直径が、最小で0.4nmであるからである。

【0033】

突起14の幅Wは、0.4nm以上30nm以下であればより好ましい。カーボンナノチューブは、直径が0.4nm以上30nm以下の範囲にあるものが多いからである。

【0034】

更に、突起14の幅Wは、0.4nm以上10nm以下であれば更に好ましい。突起14を転写して得られた転写パターンの幅方向に多数のカーボンナノチューブが接近して屹立する可能性が小さくなるので、これらのカーボンナノチューブを例えば電界電子放出素子（エミッタ）として使用する場合に、カーボンナノチューブの各々の表面における電界強度の低下を防止し、電界放出に必要な印加電圧を小さくすることができるからである。また、例えばカーボンナノチューブを記録装置（メモリ）として利用する場合には、一本の転写パターンには幅方向に1本のみのカーボンナノチューブを形成することが必要となる場合があるので、カーボンナノチューブの直径と転写パターンの幅すなわち突起14の幅Wとを一致させることが好ましいからである。

【0035】

また、突起14の間隔L、すなわち熱分布11の変調方向における突起14の間隔（ピッチ）は、熱分布11の空間的周期Tに応じて、すなわち回折格子13の周期間隔Pおよびエネルギービーム12の波長 λ に応じて定まる。波長 λ を小さくするほど、または、周期間隔Pを微細にするほど突起14の間隔Lを微細化することができ、従来のフォトリソグラフィでは不可能な微細な間隔Lで突起14を形成することが可能である。

【0036】

突起14の間隔Lは、例えば100nm以下であることが好ましい。従来のフォトリソグラフィでは解像限界が50nmであるため、従来のフォトリソグラフィで形成可能な最小のパターンは、例えば山50nm、谷50nm、および山50nmで、その間隔は解像限界の2倍すなわち100nmとなるからである。更に、突起14の間隔Lは、50nm以下とすればより好ましい。従来の電子ビームリソグラフィの解像限界が25nm程度であるため、従来の電子ビームリソグラフィで形成可能な最小のパターンの間隔は、同様に解像限界の2倍すなわち50nmとなるからである。

【0037】

(転写工程)

次に、図3を参照して転写工程を説明する。まず、図3(A)に示したように、例えば、導電性膜21の配線パターンが予め形成された被転写基板20を用意する。

【0038】

続いて、図3(B)に示したように、原盤15の突起14と被転写基板20の導電性膜21とを対向させて密接させる。このとき、転写特性向上のため、必要に応じて加圧することが好ましい。更に、加熱処理を行うようにすれば、転写特性をいっそう良好にすることができるので、より好ましい。

【0039】

そののち、原盤15を被転写基板20から引き離すと、図3(C)に示したように、突起14の先端部が、被転写基板20に転写される。こうして、被転写基板20の上に、触媒金属(鉄)よりなる転写パターン22が形成された基板23が形成される。よって、一枚の原盤15から多数の被転写基板20に突起14のパターンを転写して基板23を大量に製造することができる。なお、転写を繰り返すことにより突起14が磨耗した場合には、再び溶融工程および突起形成工程を繰り返して突起14の形状を回復させることなどが可能である。

【0040】

ここで、「突起14の先端部」とは、突起14を素材基板10の表面に平行な

水平面H（図4および図5参照）で切断した場合に、突起14の先端を含む部分をいう。したがって、例えば、図3（C）に示したように突起14の先端のみを被転写基板20に転写してもよいし、図4に示したように突起14全体を被転写基板20に転写するようにしてもよい。あるいは図5に示したように突起14の先端および中腹にかけての部分を被転写基板20に転写するようにしてもよい。

【0041】

被転写基板20に転写パターン22を形成して基板23を作製したのち、例えば、図6に示したように、この転写パターン22を触媒として基板23上にカーボンナノチューブ24を成長させ、複数のカーボンナノチューブ24が直線状に配列されたカーボンナノチューブ構造体25を形成することができる。このように導電性膜21上に形成されたカーボンナノチューブ構造体25は電界電子放出素子として利用することができる。

【0042】

このように本実施の形態では、触媒金属からなる素材基板10の表面に対して熱分布11を与え、素材基板10の表面を溶融させたのち、素材基板10の表面を放熱させるようにしたので、所望の位置に触媒金属からなる微細な突起14のパターンを有する原盤15を作製することができる。突起14の幅Wは、溶融温度および冷却速度を制御することによって従来のフォトリソグラフィ技術では不可能であった50nm未満とすることが可能である。また、熱分布11の空間的周期Tを制御することにより突起14を従来のフォトリソグラフィ技術では不可能であった微細な間隔Lで形成することが可能になる。

【0043】

また、突起14のパターンを有する原盤15をドライプロセスにより形成することができるので、従来のフォトリソグラフィを利用したプロセスに比べて生産が容易であり、再現性が良く、低コスト化が可能である等の利点を得ることができる。

【0044】

また、エネルギービーム12を回折させることにより熱分布11を与えるようにしたので、回折格子13の周期間隔Pを微細化することにより熱分布11の空

間的周期 T を容易に制御し、突起 14 の間隔 L を微細化することができる。

【0045】

更に、本実施の形態では、突起 14 の少なくとも先端部を被転写基板 20 に転写することにより、一枚の原盤 15 から多数の被転写基板 20 に突起 14 を転写して基板 23 を大量に作製することが可能になる。

【0046】

[第2の実施の形態]

次に、図7ないし図11を参照して、第2の実施の形態に係る転写用原盤の製造方法および基板の製造方法について説明する。本実施の形態は、溶融工程において、エネルギービームのエネルギー量を二次元方向すなわちX方向およびY方向に変調させ、素材基板10の表面に対してX方向熱分布31XおよびY方向熱分布31Yを与えるようにしたものである。

【0047】

(溶融工程)

まず、図7を参照して溶融工程を説明する。X方向熱分布31Xは、素材基板10の表面温度がX方向に変調されて、X方向高温領域31XHとX方向低温領域31XLとが周期的に形成されたものである。また、Y方向温度分布31Yは、素材基板10の表面温度がY方向に変調されて、Y方向高温領域31YHとY方向低温領域31YLとが周期的に形成されたものである。

【0048】

X方向熱分布31XおよびY方向熱分布31Yは、例えば、エネルギービーム12を、非透過部分32Aおよび透過部分32Bが二次元方向に配列された回折格子32で回折させることにより与えられる。回折格子32としては、例えば、非透過部分32Aにエネルギービーム12を透過させないマスクが印刷されたものなどを用いることができる。

【0049】

図8は、素材基板10の表面においてX方向温度分布31XとY方向温度分布31Yとが重畳されることにより、熱分布33が形成された状態を表している。図8に示したように、素材基板10の表面には、X方向高温領域31XHとY方

向高温領域 3 1 Y H との重複する位置に高温領域 3 3 H を有し、X 方向低温領域 3 1 X L と Y 方向低温領域 3 1 Y L との重複する位置に低温領域 3 3 L を有するような熱分布 3 3 が形成される。これにより、高温領域 3 3 H は、非透過部分 3 2 A および透過部分 3 2 B の配列されている方向に沿って二次元方向に配列される。

【0050】

熱分布 3 3 の X 方向における空間的周期 T_X 、すなわち高温領域 3 3 H の X 方向における間隔（ピッチ）は、回折格子 3 2 の X 方向における周期間隔 P_X およびエネルギービーム 1 2 の波長 λ に応じて定まる。また、熱分布 3 3 の Y 方向における空間的周期 T_Y 、すなわち高温領域 3 3 H の Y 方向における間隔（ピッチ）は、回折格子 3 2 の Y 方向における周期間隔 P_Y およびエネルギービーム 1 2 の波長 λ に応じて定まる。波長 λ を小さくするほど、または周期間隔 P_X 、 P_Y を微細にするほど熱分布 3 3 の空間的周期 T_X 、 T_Y を微細化することができる。ここで、本実施の形態では、回折格子 3 2 の X 方向における周期間隔 P_X とは、一つの非透過部分 3 2 A の X 方向における寸法と一つの透過部分 3 2 B の X 方向における寸法との和をいい、回折格子 3 2 の Y 方向における周期間隔 P_Y とは、一つの非透過部分 3 2 A の Y 方向における寸法と一つの透過部分 3 2 B の Y 方向における寸法との和をいう。

【0051】

回折格子 3 2 の X 方向における周期間隔 P_X と Y 方向における周期間隔 P_Y とは、互いに独立に設定することができる。したがって、図 9 に示したように、熱分布 3 3 の X 方向における空間的周期 T_X と Y 方向における空間的周期 T_Y とを、互いに独立に設定することも可能である。

【0052】

なお、回折格子 3 2 としては、マスク印刷により非透過部分 3 2 A および透過部分 3 2 B が形成されたものではなく、凹部または凸部が形成されたものを用いることも可能である。凹凸が形成された回折格子 3 2 の場合には、回折格子 3 2 の X 方向における周期間隔 P_X とは、凹部（または凸部）の X 方向における間隔（ピッチ）をいい、回折格子 3 1 の Y 方向における周期間隔 P_Y とは、凹部（ま

たは凸部)のY方向における間隔(ピッチ)をいう。

【0053】

エネルギービーム12のエネルギー量は、低温領域33Lにおいて素材基板10の表面が溶融する温度となるように設定される。これにより、素材基板10の表面の全体を溶融させることができる。このとき、エネルギービーム12としてエキシマレーザを用いる場合には、パルス発光の照射回数によりエネルギー量の制御を行うことができる。

【0054】

(突起形成工程, 原盤作製工程)

次に、図10および図11を参照して、突起形成工程を説明する。溶融工程において素材基板10の表面の全体を溶融させたのち、エネルギービーム12の照射を止めて素材基板10の表面を放熱させ、熱分布33に応じた位置すなわち高温領域33Hに対応する位置に突起34を形成する。これにより、突起34のパターンを有する原盤35が得られる。

【0055】

突起34は、高温領域33Hが素材基板10の表面に二次元方向に配列されているので、これに対応して、素材基板10の表面に二次元方向に配列された錘体のパターンとして形成される。突起34の下端部のX方向における寸法(直径)DXおよびY方向における寸法(直径)DYは、溶融温度および冷却速度により定まる。溶融温度は、第1の実施の形態と同様に制御することができ、溶融温度が高いほど突起34の寸法DX, DYは大きくなる。また、冷却速度は、第1の実施の形態と同様に制御することができ、冷却速度が速いほど突起34の寸法DX, DYは大きくなる。突起34の寸法DX, DYは、原理的には素材基板10の構成物質の原子の大きさより大きい任意の値をとり得るものであり、溶融温度および冷却速度を制御することにより従来のフォトリソグラフィ技術では不可能であった50nm未満を実現することができる。

【0056】

突起34の寸法DX, DYの具体的な値は、後述する基板の用途によって定められるが、例えばカーボンナノチューブを形成する場合には、突起34の寸法D

X, DYはそれぞれ、0.4 nm以上50 nm未満であることが好ましい。カーボンナノチューブの直径が、最小で0.4 nmであるからである。

【0057】

突起34の寸法DX, DYはそれぞれ、0.4 nm以上30 nm以下であればより好ましい。なぜなら、カーボンナノチューブは、直径が3 nm以上30 nm以下の範囲にあるものが多いからである。

【0058】

更に、突起34の寸法DX, DYは、0.4 nm以上10 nm以下であれば更に好ましい。なぜなら、突起34のX方向またはY方向に多数のカーボンナノチューブが接近して屹立する可能性が小さくなるので、これらのカーボンナノチューブを例えば電界電子放出素子として使用する場合に、カーボンナノチューブの各々の表面における電界強度の低下を防止し、電界放出に必要な印加電圧を小さくすることができるからである。また、例えばカーボンナノチューブを記録装置（メモリ）として利用する場合には、一つの突起34から転写された転写パターンには1本のみのカーボンナノチューブを形成することが必要となる場合があるので、カーボンナノチューブの直径と転写パターンの寸法すなわち突起34の寸法DX, DYとを一致させることが好ましいからである。

【0059】

また、突起34のX方向における間隔LX、およびY方向における間隔LYは、熱分布33の空間的周期TX, TYに応じて、すなわち回折格子32の周期間隔PX, PYおよびエネルギービーム12の波長λに応じて定まる。波長λを小さくするほど、または、回折格子32の周期間隔PX, PYを微細にするほど突起34の間隔LX, LYを微細化することができ、従来のフォトリソグラフィでは不可能な微細な間隔LX, LYで突起34を形成することも可能である。

【0060】

突起34の間隔LX, LYは、例えば100 nm以下であることが好ましい。前述のように、従来のフォトリソグラフィでは解像限界が50 nmであるため、従来のフォトリソグラフィで形成可能な最小のパターンは、例えば山50 nm、谷50 nm、および山50 nmで、その間隔は解像限界の2倍すなわち100 nm

mとなるからである。更に、突起34の間隔 L_X 、 L_Y は、50nm以下とすればより好ましい。従来の電子ビームリソグラフィの解像限界が25nm程度であるため、従来の電子ビームリソグラフィで形成可能な最小のパターンの間隔は、同様に解像限界の2倍すなわち50nmとなるからである。

【0061】

なお、図9に示したように熱分布33のX方向における空間的周期 T_X とY方向における空間的周期 T_Y とを、互いに独立に設定した場合には、これに対応して、図12に示したように突起34が楕円形に形成される。

【0062】

(転写工程)

次に、図13を参照して転写工程を説明する。まず、図13(A)に示したように、原盤35の突起34と被転写基板20の導電性膜21とを対向させて密接させる。このとき、転写特性向上のため、加圧あるいは加熱処理を行うことが好ましいことは前述の実施の形態と同様である。

【0063】

そののち、原盤35を被転写基板20から引き離すと、図13(B)に示したように、突起34の先端部が、被転写基板20に転写される。こうして、被転写基板20の上に、触媒金属(鉄)よりなる転写パターン36が二次元方向に配列された基板37が形成される。よって、一枚の原盤35から多数の被転写基板20に突起34を転写して基板37を大量に製造することができる。また、転写を繰り返すことにより突起34が磨耗した場合には、再び溶融工程および突起形成工程を繰り返して突起34の形状を回復させることなどが可能である。

【0064】

ここで、「突起34の先端部」の意味およびその具体例については、第1の実施の形態において図4および図5を参照して説明したのと同様である。

【0065】

被転写基板20に転写パターン36を形成して基板37を作製したのち、例えば、図14に示したように、この転写パターン36を触媒として、基板37上にカーボンナノチューブ38を成長させ、複数のカーボンナノチューブ38が二次

元方向に配列されたカーボンナノチューブ構造体 39 を形成することができる。
このように導電性膜 21 上に形成されたカーボンナノチューブ構造体 39 は第 1
の実施の形態と同様に電界電子放出素子として利用することができる。

【0066】

図 15 は、このようにして基板 37 上に形成されたカーボンナノチューブ構造体 39 を表す顕微鏡写真 (37.5 倍) であり、二次元方向に配列された点状の白い部分は、原盤 35 の突起 34 から転写された転写パターン 36 を触媒として、基板 37 上に成長したカーボンナノチューブ 38 に対応している。

【0067】

図 16 は、図 15 の白い部分の中央付近を拡大して表す SEM (Scanning Electron Microscope; 走査型電子顕微鏡) 写真 (5 万倍) である。図 16 から分かるように、白い部分にはカーボンナノチューブが成長していることが確認できる。また、図 17 は、図 15 において白く見える部分と周囲の黒く見える部分との境界付近を拡大して表す SEM 写真 (5 万倍) である。図 17 から分かるように、白い部分にはカーボンナノチューブが成長していることが確認できるが、黒い部分にはカーボンナノチューブの存在は認められない。

【0068】

このように本実施の形態では、エネルギービーム 12 のエネルギー量を二次元方向に変調させることにより熱分布 33 を形成するようにしたので、二次元方向に配列された突起 34 のパターンを有する原盤 35 を作製することができる。

【0069】

また、回折格子 32 を用いてエネルギービーム 12 を回折させることにより熱分布 33 を形成するようにしたので、回折格子 32 の周期間隔 PX , PY を微細化することにより熱分布 33 の空間的周期 TX , TY を容易に制御し、突起 34 の間隔 LX , LY を微細化することができる。

【0070】

更に、本実施の形態においても、突起 34 の先端部を被転写基板 20 に転写するようにすれば、一枚の原盤 35 から多数の被転写基板 20 に突起 34 を転写して基板 37 を大量に作製することが可能になる。

【0071】

〔第3の実施の形態〕

次に、図18および図19を参照して、本発明の第3の実施の形態に係る転写用原盤の製造方法および基板の製造方法を説明する。本実施の形態は、任意の材質により構成された素材基板に対して第1の実施の形態と同様の方法で形成した突起の表面に、触媒金属等の転写物質からなる被膜を形成する被膜形成工程を更に含むようにしたものである。

【0072】

(溶融工程および突起形成工程)

まず、例えばシリコンよりなる素材基板40を用意し、上記第1の実施の形態における図1に示した溶融工程および図2に示した突起形成工程を行い、図18(A)に示したように、素材基板40の表面に突起41のパターンを有する原盤42を作製する。

【0073】

(被膜形成工程)

続いて、図18(B)に示したように、突起41の表面に転写物質からなる被膜43を形成する。被膜43は、本実施の形態では金属触媒としての鉄(Fe)により形成されている。被膜43は、突起41を含む基板40の表面全体に亘ってほぼ均一な厚さで形成されるが、必ずしも均一な厚さである必要はない。被膜43の厚さは、突起44の高さおよび寸法に応じて定めることができる。

【0074】

被膜43の材料である転写物質は、カーボンナノチューブを形成するための金属触媒としては、上述の鉄(Fe)の他、バナジウム(V)、マンガン(Mn)、コバルト(Co)、ニッケル(Ni)、モリブデン(Mo)、タンタル(Ta)、タングステン(W)または白金(Pt)が挙げられる。また、イットリウム(Y)、ルテチウム(Lu)、ホウ素(B)、銅(Cu)、リチウム(Li)、シリコン(Si)、クロム(Cr)、亜鉛(Zn)、パラジウム(Pd)、銀(Ag)、ルテニウム(Ru)、チタン(Ti)、ランタン(La)、セリウム(Ce)、プラセオジウム(Pr)、ネオジウム(Nd)、テルビウム(Tb)、ジス

プロシウム (Dy), ホルミウム (Ho) またはエルビウム (Er) を用いてもよい。なお、以上の物質は2種以上同時に使用してもよく、また、これら物質の2種以上からなる化合物を用いてもよい。また、金属フタロシアン化合物、メタセロン、金属塩を用いることも可能である。更に、酸化物あるいはシリサイドであってもよい。

【0075】

加えて、用途によっては、被膜43は、アルミニウム (Al), シリコン (Si), タンタル (Ta), チタン (Ti), ジルコニウム (Zr), ニオブ (Nb), マグネシウム (Mg), ホウ素 (B), 亜鉛 (Zn), 鉛 (Pb), カルシウム (Ca), ランタン (La), ゲルマニウム (Ge) などの金属および半金属などの元素の、窒化物, 酸化物, 炭化物, フッ化物, 硫化物, 窒酸化物, 窒炭化物, または酸炭化物などからなる誘電体材料を用いることが可能である。具体的には、 AlN , Al_2O_3 , Si_3N_4 , SiO_2 , MgO , Y_2O_3 , $MgAl_2O_4$, TiO_2 , $BaTiO_3$, $SrTiO_3$, Ta_2O_5 , SiC , ZnS , PbS , $Ge-N$, $Ge-N-O$, $Si-N-O$, CaF_2 , LaF , MgF_2 , NaF , TiF_4 などである。さらに、これらの材料を主成分とする材料や、これらの材料の混合物、例えば $AlN-SiO_2$ を用いることも可能である。さらに、鉄 (Fe), コバルト (Co), ニッケル (Ni), ガドリニウム (Gd) 等の磁性体材料を用いることもできる。

【0076】

(転写工程)

次に、図19 (A) に示したように、原盤42の突起41と被転写基板20の導電性膜21とを対向させて密接させる。このとき、転写特性向上のため、加圧あるいは加熱処理を行うことが好ましいことは、前述の実施の形態と同様である。

。

【0077】

そののち、原盤42を被転写基板20から引き離すと、図19 (B) に示したように、突起41の先端を覆う被膜43を構成する金属触媒としての鉄 (Fe) が、被転写基板20に転写される。こうして、被膜43と同一の材料よりなる転

写パターン 44 を有する基板 45 が形成される。よって、一枚の原盤 42 から多数の被転写基板 20 に被膜 43 を転写して基板 45 を大量に製造することができる。また、また、転写を繰り返すことにより被膜 43 が磨耗した場合には、再び被膜形成工程を繰り返して突起 41 の表面に新たな被膜を形成することなどが可能である。その際、残存する被膜 43 は、除去してから新たな被膜を形成してもよいし、残存する被膜 43 の上に新たな被膜を重ねて形成してもよい。

【0078】

被転写基板 20 に転写パターン 44 を形成したのち、例えば、図 20 に示したように、この転写パターン 44 を触媒として基板 45 上にカーボンナノチューブ 46 を成長させ、複数のカーボンナノチューブ 46 が直線状に配置されたカーボンナノチューブ構造体 47 を形成することができる。

【0079】

このように本実施の形態では、突起 41 の表面に被膜 43 を形成するようにしたので、被膜 43 のみを金属触媒等の転写物質により構成すればよい。よって、素材基板 40 の材料は任意であり、用途に応じて選択の範囲を広げることができる。

【0080】

更に、本実施の形態でも、被膜 43 で覆われた突起 41 の高さ方向における一部を被転写基板 20 に転写すれば、一枚の原盤 42 から多数の被転写基板 20 に被膜 43 を転写して基板 45 を大量に製造することができる。

【0081】

〔第 4 の実施の形態〕

続いて、本発明の第 4 の実施の形態に係る基板の製造方法を説明する。本実施の形態は、「転写工程」において、第 1 の実施の形態の方法により得られた原盤 15 と被転写基板 20 との相対的位置をずらして原盤 15 のパターンを被転写基板 20 に複数回転写させるようにしたものである。

【0082】

まず、図 21 (A) に示したように、第 1 の実施の形態において図 3 を参照して説明したようにして 1 回目の転写を行い、被転写基板 20 に第 1 の転写パター

ン 26 A を形成する。

【0083】

次に、図 21 (B) に示したように、原盤 15 と被転写基板 20 との相対的位置を、例えば突起 14 の間隔 L の 2 分の 1 だけずらして、2 回目の転写を行う。そののち、原盤 15 を被転写基板 20 から引き離すと、図 21 (C) に示したように、第 1 の転写パターン 26 A の中間の位置に第 2 の転写パターン 26 B が形成される。このようにして、第 1 の転写パターン 26 A と第 2 の転写パターン 26 B とからなる転写パターン 26 を有する基板 27 が得られる。

【0084】

本実施の形態では、原盤 15 と被転写基板 20 との相対的位置をずらして原盤 15 のパターンを被転写基板 20 に複数回転写させるようにしたので、第 1 の実施の形態よりも更に微細な転写パターン 27 を有する基板 27 を大量に製造することができる。

【0085】

なお、本実施の形態では、転写を 2 回行うようにしたが、転写回数は更に増やしてもよい。また、その場合には、原盤 15 と被転写基板 20 との相対的位置を、転写回数に応じて調整することが好ましい。

【0086】

また、本実施の形態では、原盤 15 と被転写基板 20 との相対的位置を、例えば突起 14 の間隔 L の 2 分の 1 だけずらして、2 回目の転写を行い、第 1 の転写パターン 26 A と第 2 の転写パターン 26 B とが全体として等間隔に形成されるようにしたが、第 1 の転写パターン 26 A と第 2 の転写パターン 26 B との間隔は必ずしも均等である必要はない。

【0087】

以上、実施の形態を挙げて本発明を説明したが、本発明は上記実施の形態に限定されるものではなく、種々変形可能である。例えば、上記実施の形態では、パルスの照射回数によりエネルギービーム 12 のエネルギー量を調整するようにしたが、パルスの照射回数、照射強度およびパルス幅のそれぞれを調整することが可能である。

【0088】

また、第3の実施の形態では、熔融工程および突起形成工程を第1の実施の形態と同様に行い、リブ状の突起41を形成するようにしたが、第2の実施の形態と同様に行い、突起41を2次元に分布するように形成することも可能である。

【0089】

更に、第3の実施の形態では、素材基板40をシリコンにより構成し、被膜43を金属触媒等の転写物質により構成するようにしたが、素材基板40および被膜43の両方を金属触媒等の転写物質により構成してもよい。

【0090】

加えて、上記実施の形態では、XeClエキシマレーザを用いてエネルギービーム12を照射するようにしたが、XeClエキシマレーザ以外のレーザを用いるようにしてもよく、更に、加熱手段として、変調により熱分布を形成できるものであれば、一般的な汎用の電気加熱炉（拡散炉）もしくはランプなどの他の方法により加熱するようにしてもよい。

【0091】

更にまた、上記各実施の形態では、突起形成工程での放熱を熔融工程を終了したのちの常温による自然冷却としたが、常温未満の温度により強制的に冷却して突起形成工程を短縮することも可能である。

【0092】

なお、触媒金属からなる突起のパターンを形成する方法としては、その他、例えばシリコン（Si）などの第1の物質中に、鉄（Fe）などの触媒金属からなる第2の物質を添加材として含む素材基板を用意し、その素材基板の表面に、上記実施の形態と同様の工程（熔融工程、突起形成工程）を施す方法が挙げられる。このような方法により熱分布に応じた位置に触媒金属（第2の物質）を析出させて突起パターンを形成することができる。すなわち、突起の部分のみが触媒金属からなるパターンを形成することができ、このようなパターンを有する基板を転写用原盤として用いることにより転写パターンを有する基板を更に大量に作製することも可能である。

【0093】

加えてまた、上記実施の形態では、原盤 15, 35 または原盤 42 の被膜 43 を鉄により構成し、この鉄を触媒としてカーボンナノチューブを形成し、電界電子放出素子として用いる場合について説明したが、本発明は原盤 15, 35 または原盤 42 の被膜 43 を構成する物質を適宜選択することによって他の素子、あるいはその製造にも適用可能である。

【0094】

更にまた、原盤 15, 35 または原盤 42 の被膜 43 として鉄などの磁性体材料を用いることにより、カーボンナノチューブに磁性体を内包したメモリ素子として用いることなども可能である。カーボンナノチューブに磁性体を内包させるには、カーボンナノチューブの先端を開放端としたのちに鉄を含む雰囲気中に配置し、開放端からカーボンナノチューブ内部に磁性体材料を取り込ませる方法などが可能である。

【0095】

メモリ素子は、上述の鉄の他、スズ (Sn), チタン (Ti), ビスマス (Bi), ゲルマニウム (Ge), アンチモン (Sb), 鉛 (Pb), アルミニウム (Al), インジウム (In), 硫黄 (S), セレン (Se), カドミウム (Cd), ガドリニウム (Gd), ハフニウム (Hf) などを用いることにより形成可能である。

【0096】

加えてまた、上記各実施の形態では、筒状炭素分子としてカーボンナノチューブを形成する場合について説明したが、本発明は、カーボンナノチューブに限らず、カーボンナノホーンあるいはカーボンナノファイバー等を形成する場合にも適用可能である。

【0097】

【発明の効果】

以上説明したように請求項 1 ないし請求項 11 のいずれか 1 項に記載の転写用原盤の製造方法、または請求項 12 ないし請求項 16 のいずれか 1 項に記載の転写用原盤によれば、素材基板の表面に変調された熱分布を与えて熔融させたのち、放熱させるようにしたので、所望の位置に規則的かつ微細な線幅あるいは直径

の転写パターン（突起パターン）を形成することができ、これを用いてカーボンナノチューブ等の分子構造体の製造に好適な基板を大量に製造することが可能になる。

【0098】

また、請求項17ないし請求項21のいずれか1項に記載の基板の製造方法、または請求項22ないし請求項24のいずれか1項に記載の基板によれば、本発明の転写用原盤を用いて被転写基板に突起パターンを転写させるようにしたので、カーボンナノチューブ等の製造に好適に用いることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明の第1の実施の形態に係る原盤の製造方法および基板の製造方法における熔融工程を模式的に表す斜視図である。

【図2】

図1に続く工程（突起形成工程）を模式的に表す斜視図である。

【図3】

図2に続く工程（転写工程）を模式的に表す断面図である。

【図4】

図3に示した転写パターンの変形例を表す断面図である。

【図5】

図3に示した転写パターンの他の変形例を表す断面図である。

【図6】

図3に示した転写パターンにカーボンナノチューブ構造体を形成した状態を模式的に表す断面図である。

【図7】

本発明の第2の実施の形態に係る原盤の製造方法および基板の製造方法における熔融工程を模式的に表す斜視図である。

【図8】

図7に示した素材基板の表面に形成されている熱分布の一例を模式的に表す平面図である。

【図 9】

図 7 に示した熱分布の他の例を表す平面図である。

【図 10】

図 7 に続く工程（突起形成工程）を模式的に表す斜視図である。

【図 11】

図 10 に示した原盤の表面の一部を拡大して表す平面図である。

【図 12】

図 9 に示した熱分布を形成したのちに突起形成工程を行った場合における原盤の表面の一部を拡大して表す平面図である。

【図 13】

図 10 に続く工程（転写工程）を模式的に表す断面図および斜視図である。

【図 14】

図 13 に示した転写パターンにカーボンナノチューブ構造体を形成した状態を模式的に表す斜視図である。

【図 15】

図 14 に示したカーボンナノチューブ構造体の顕微鏡写真である。

【図 16】

図 14 に示した白い部分の中央付近を拡大して表す SEM 写真である。

【図 17】

図 14 に示した白い部分と黒い部分との境界付近を拡大して表す SEM 写真である。

【図 18】

本発明の第 3 の実施の形態に係る原盤の製造方法および基板の製造方法における被膜形成工程を模式的に表す断面図である。

【図 19】

図 18 に続く工程（転写工程）を模式的に表す断面図である。

【図 20】

図 19 に示した転写パターンにカーボンナノチューブ構造体を形成した状態を模式的に表す断面図である。

【図 21】

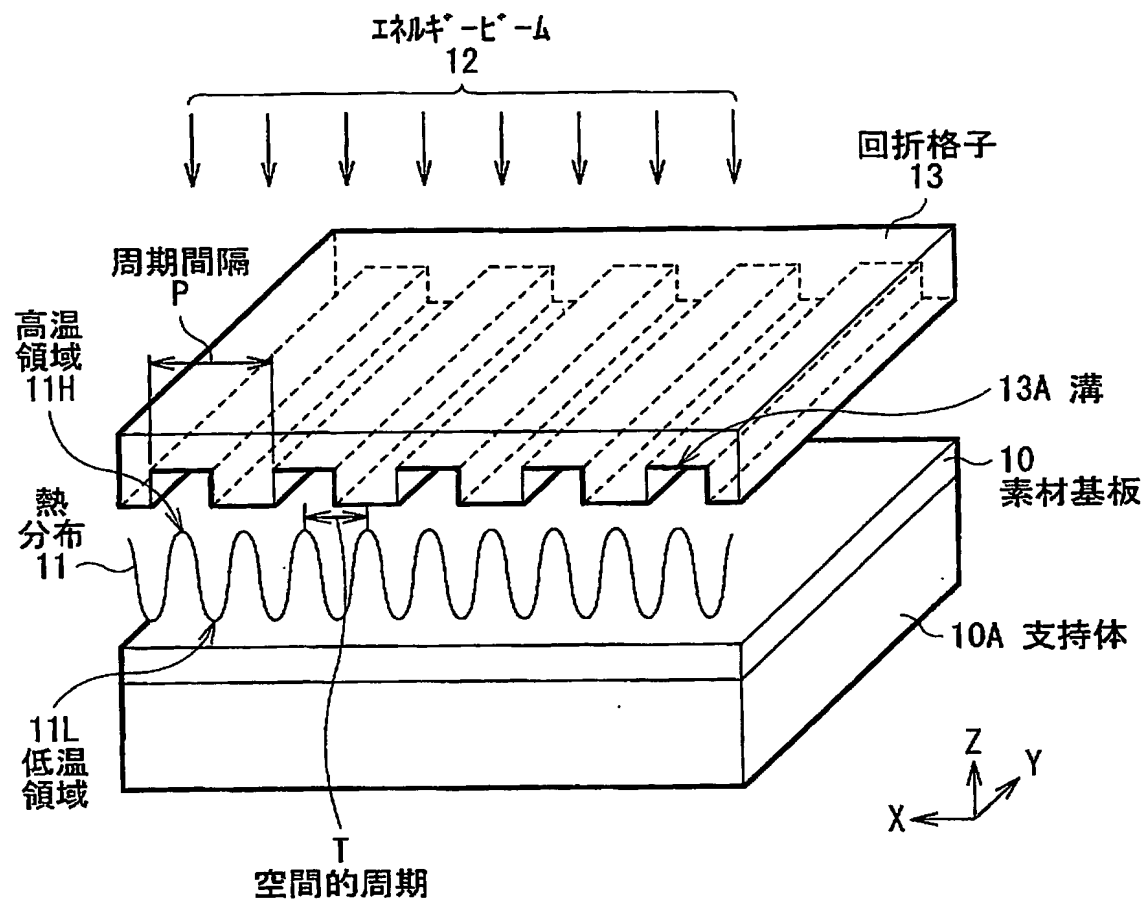
本発明の第 4 の実施の形態に係る基板の製造方法における転写工程を模式的に表す断面図である。

【符号の説明】

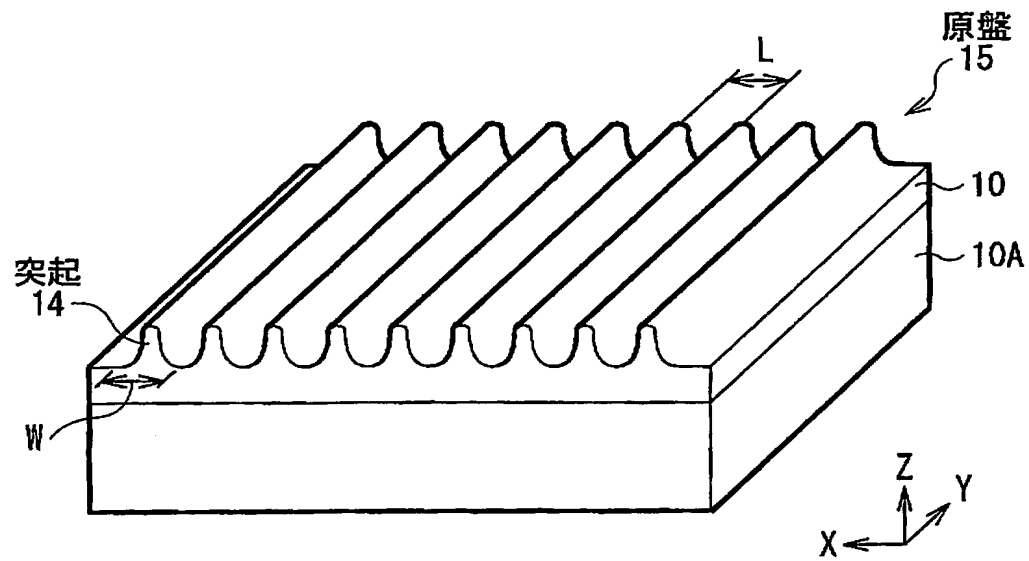
10, 40…素材基板、11, 33…熱分布、11H, 33H…高温領域、11L, 33L…低温領域、12…エネルギービーム、13, 32…回折格子、13A…溝、14, 34, 41…突起、15, 35, 42…原盤、20…被転写基板、21…導電性膜、22, 26, 36, 44…転写パターン、23, 27, 37, 45…基板、24, 38, 46…カーボンナノチューブ、25, 39, 47…カーボンナノチューブ構造体、26A…第 1 の転写パターン、26B…第 2 の転写パターン、31X…X 方向熱分布、31XH…X 方向高温領域、31XL…X 方向低温領域、31Y…Y 方向熱分布、31YH…Y 方向高温領域、31YL…Y 方向低温領域、32A…非透過部分、32B…透過部分、43…被膜、H…水平面、L…間隔（ピッチ）、P, PX, PY…周期間隔、T…空間的周期、W…幅

【書類名】 図面

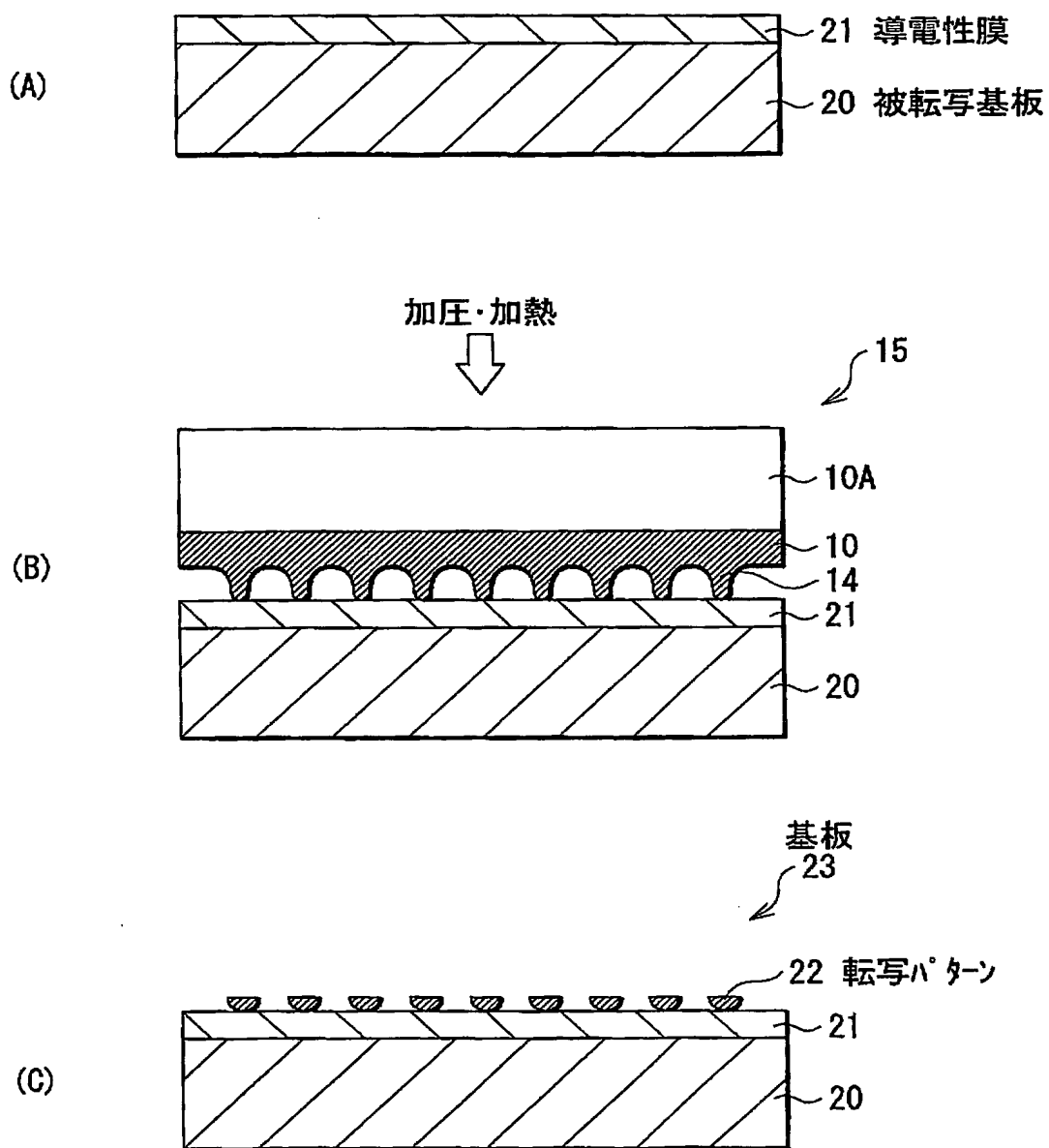
【図 1】



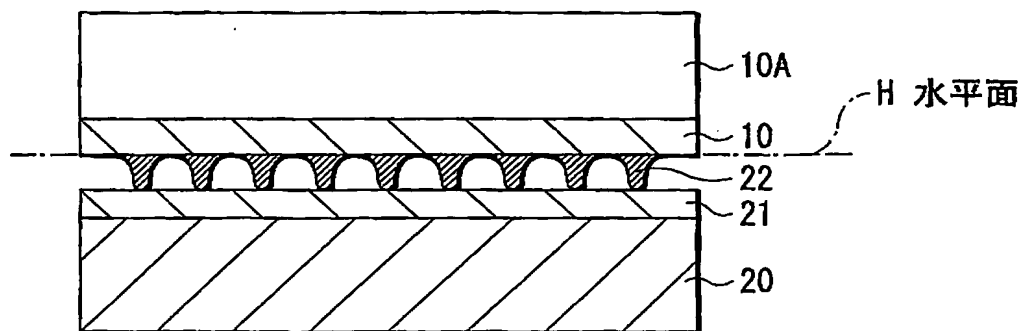
【図 2】



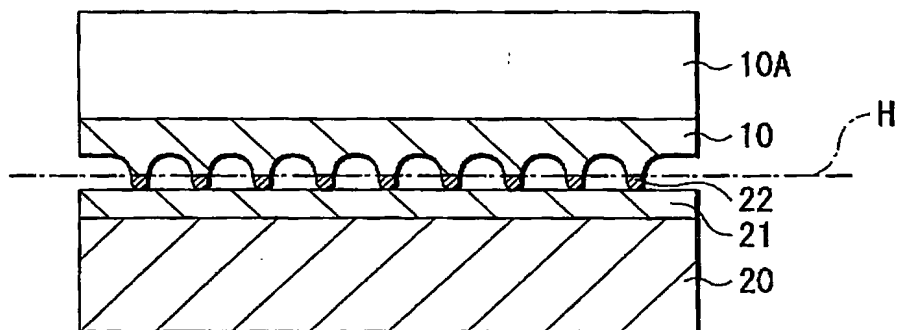
【図3】



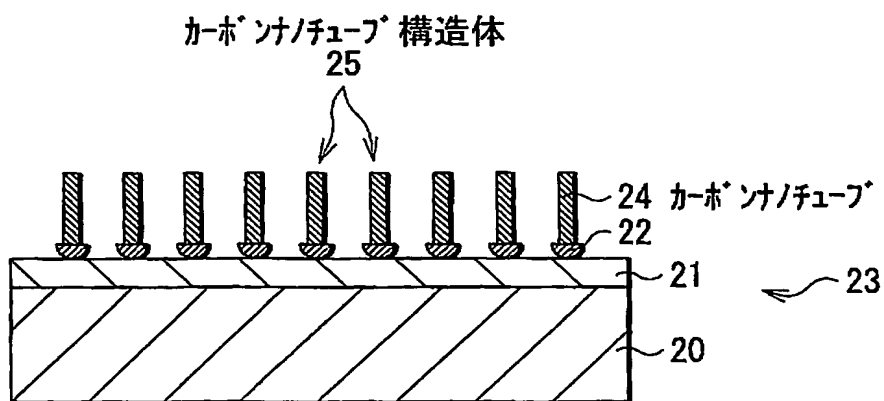
【図 4】



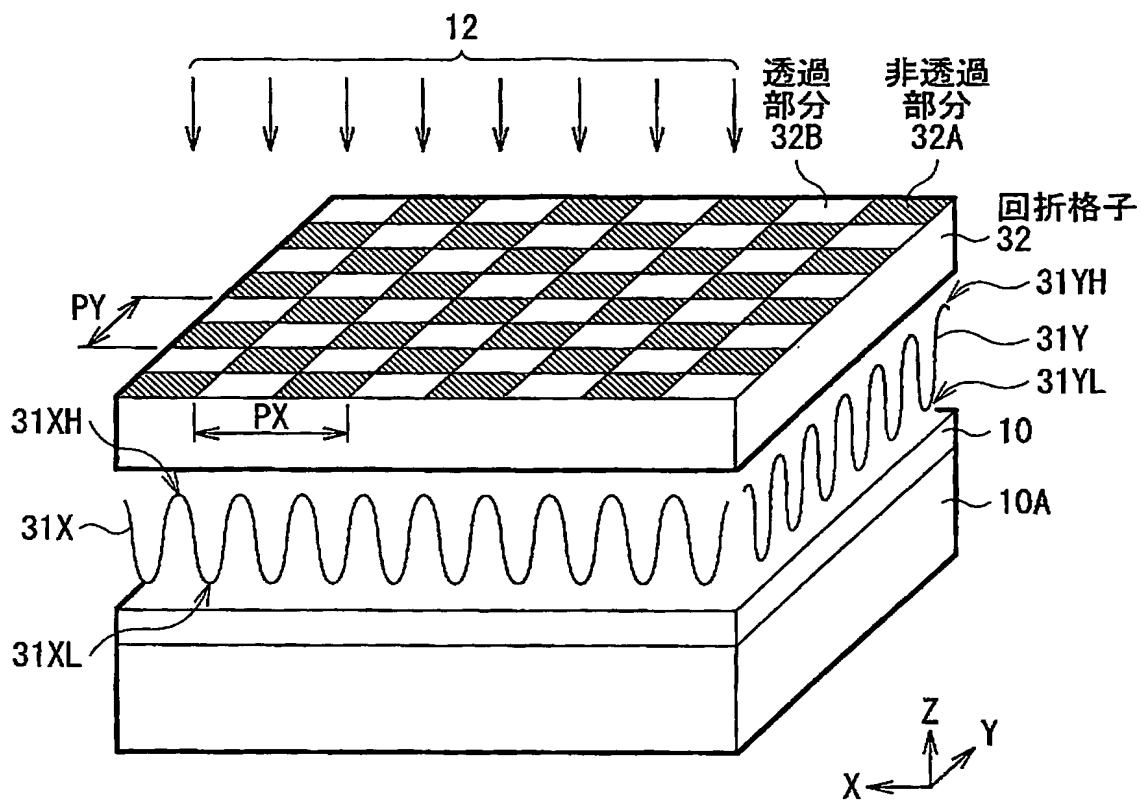
【図 5】



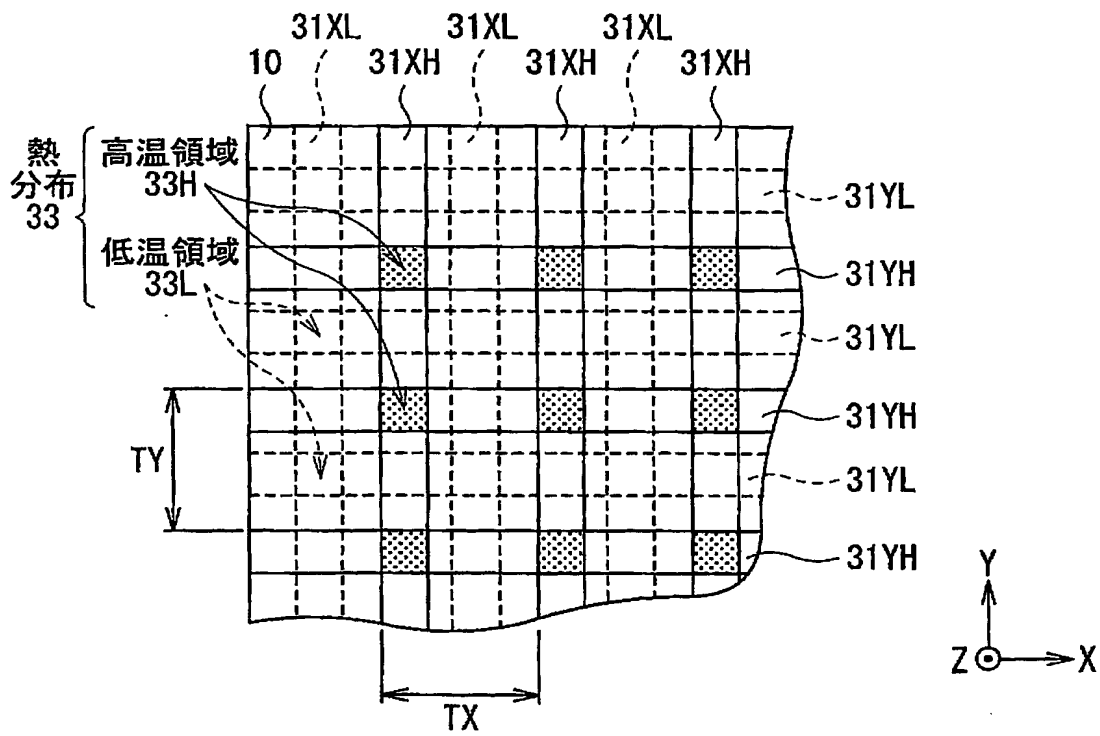
【図 6】



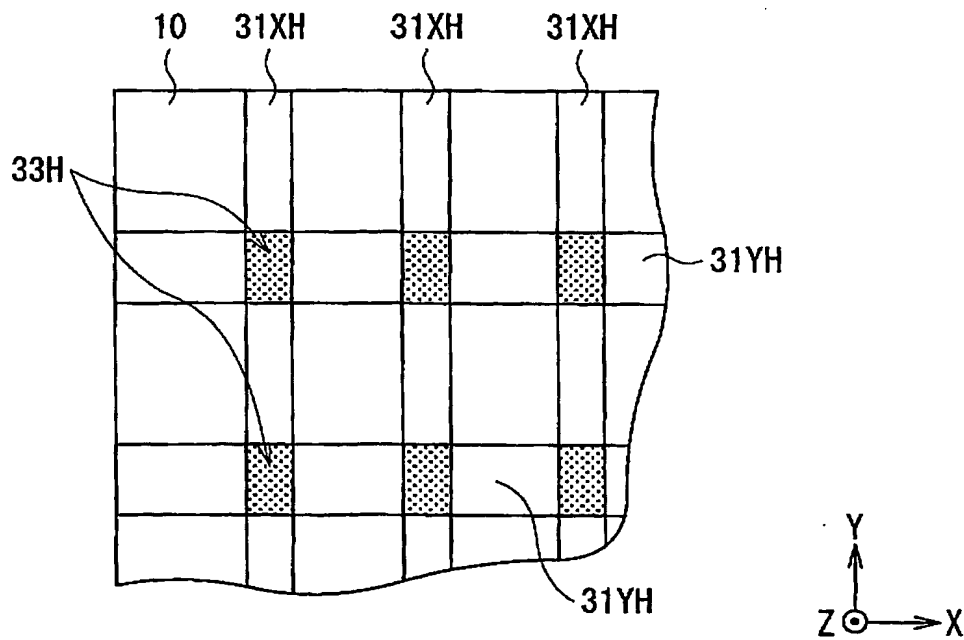
【図 7】



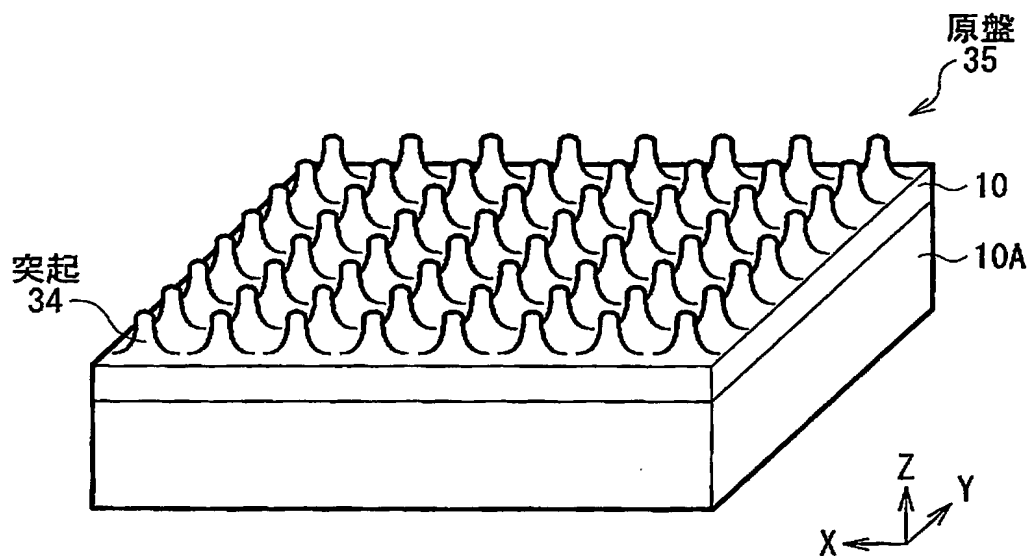
【図 8】



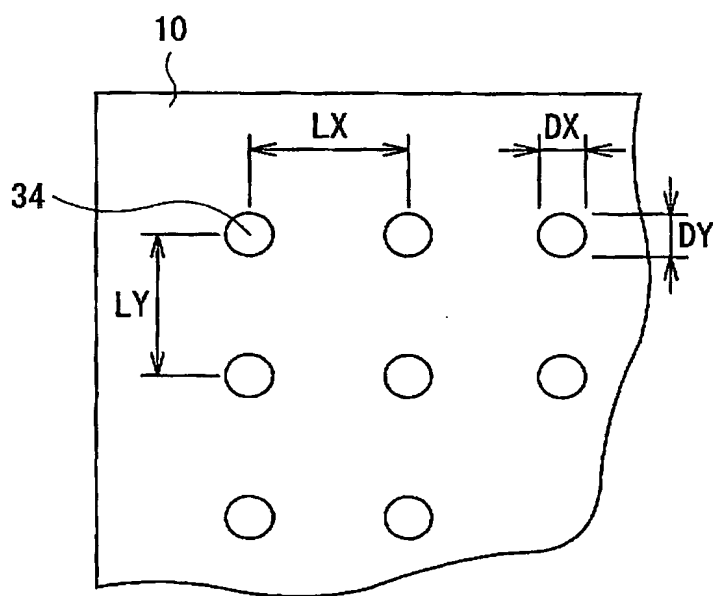
【図 9】



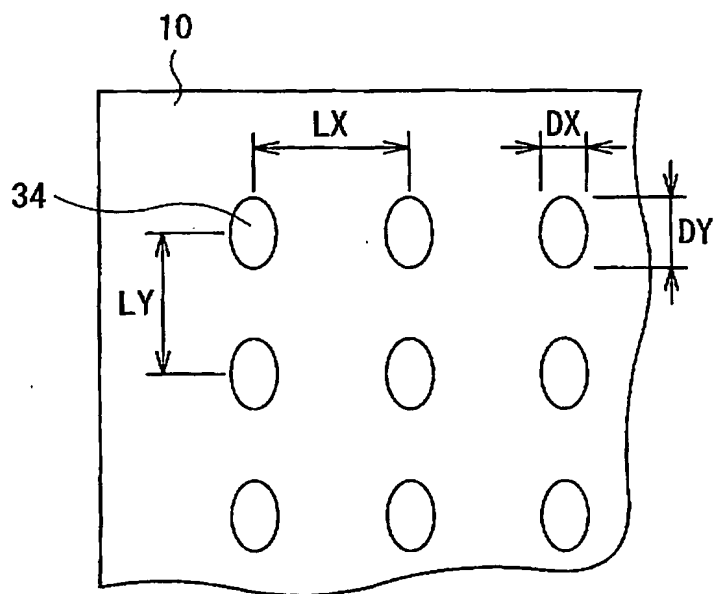
【図 10】



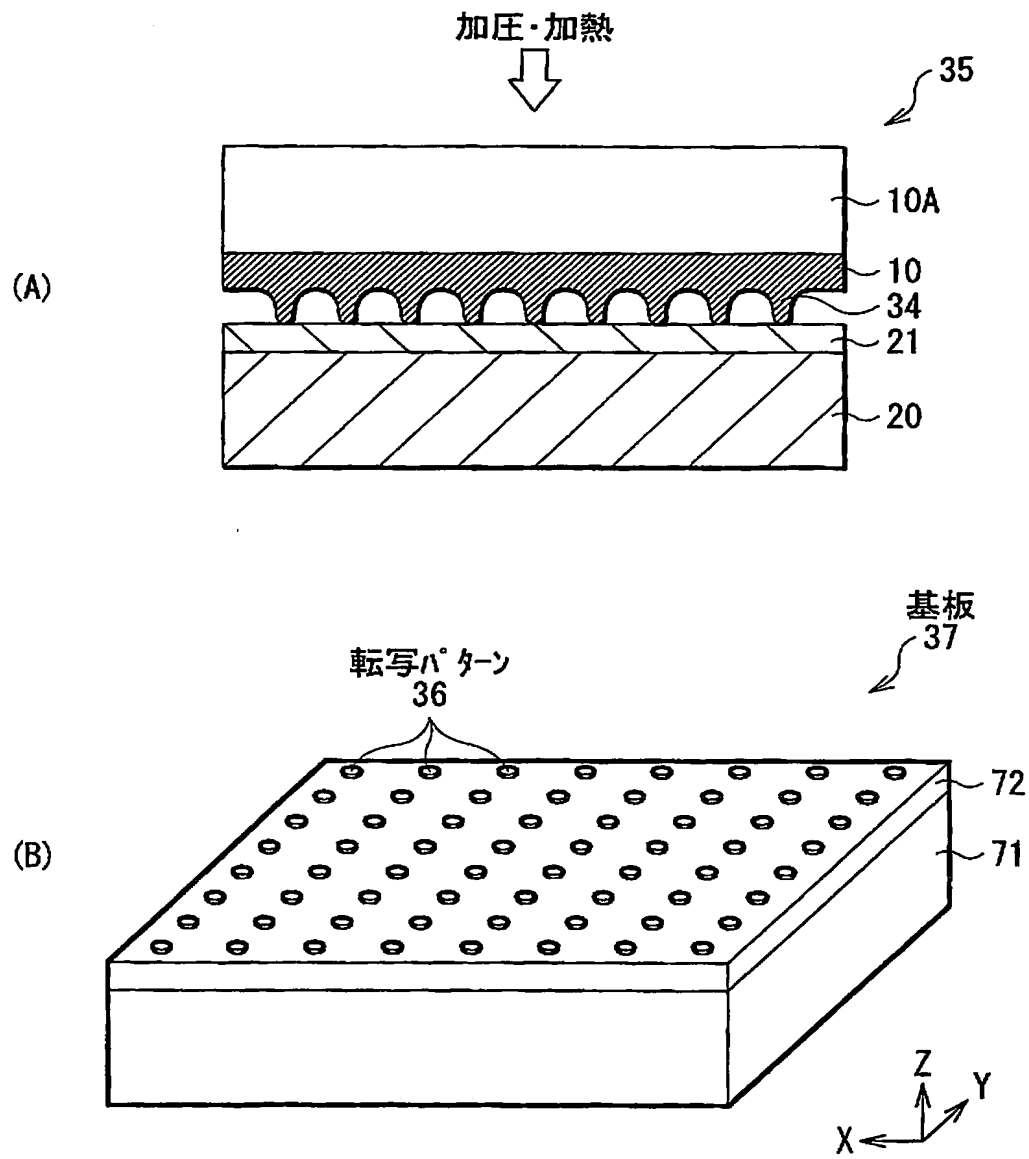
【図 11】



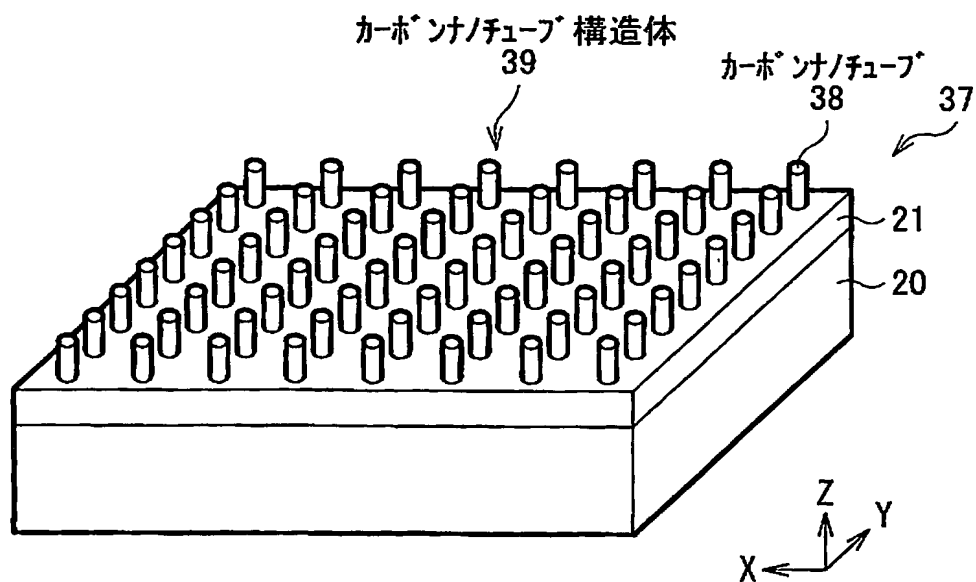
【図 12】



【図 13】



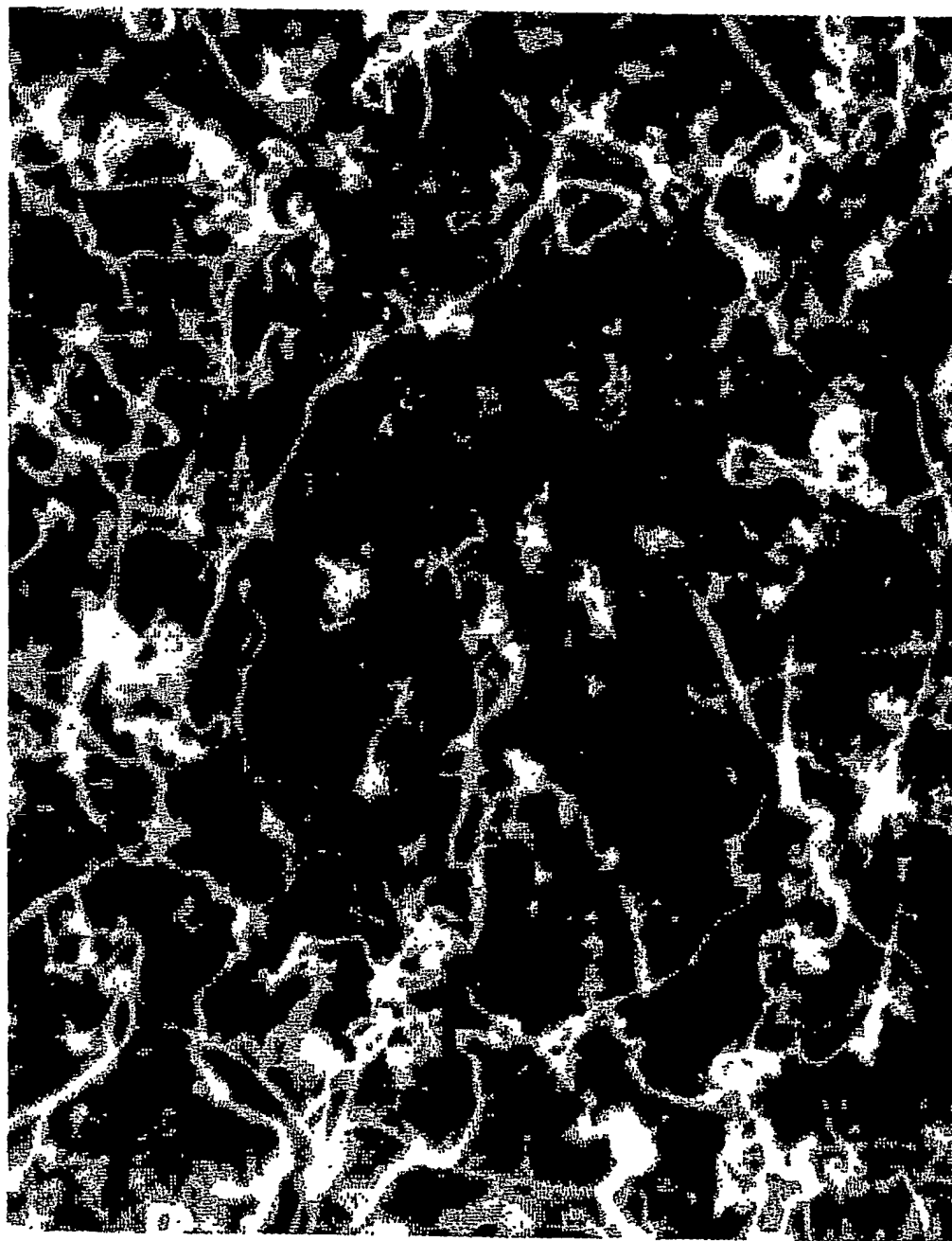
【図 14】



【図 15】

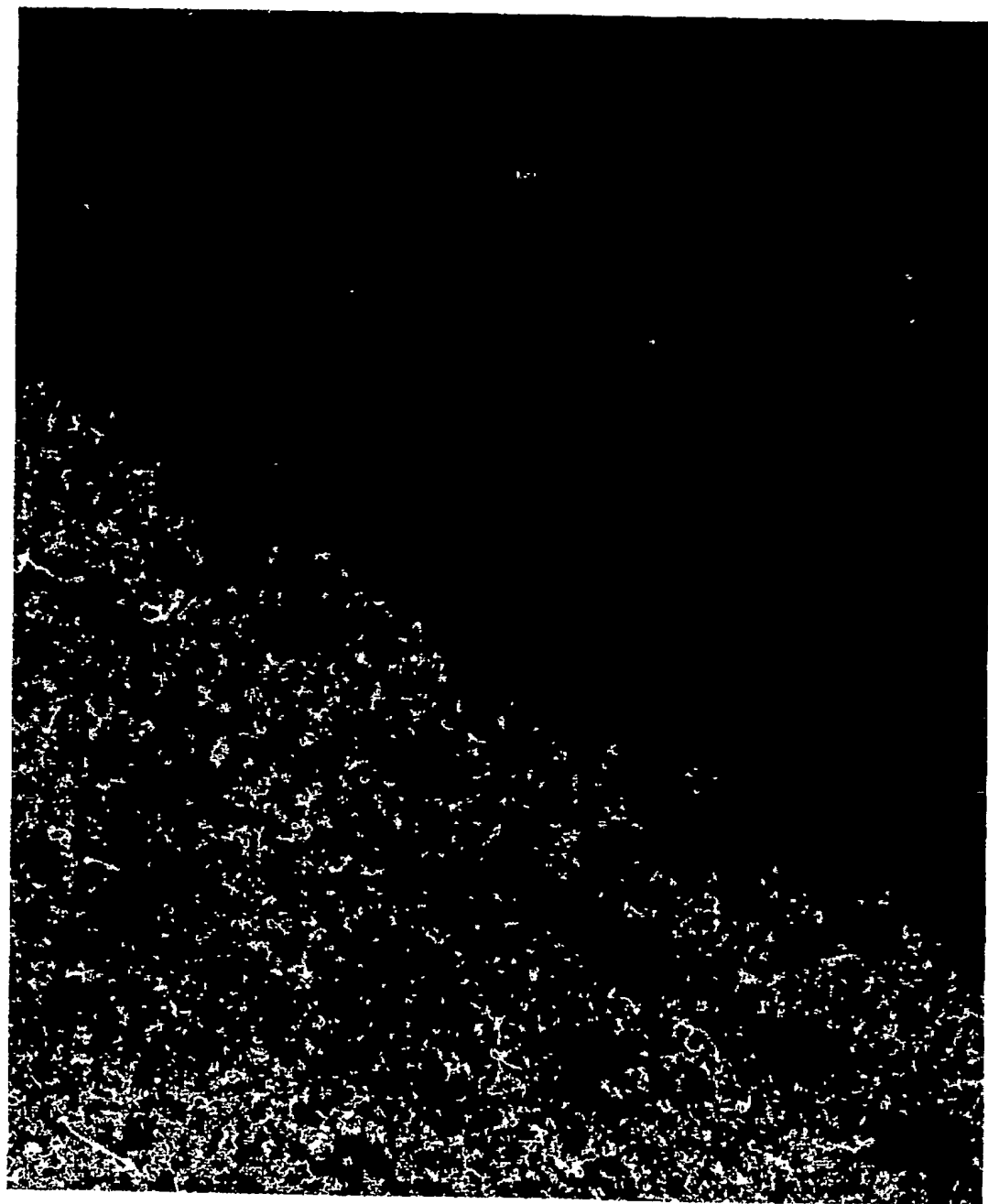


【図16】

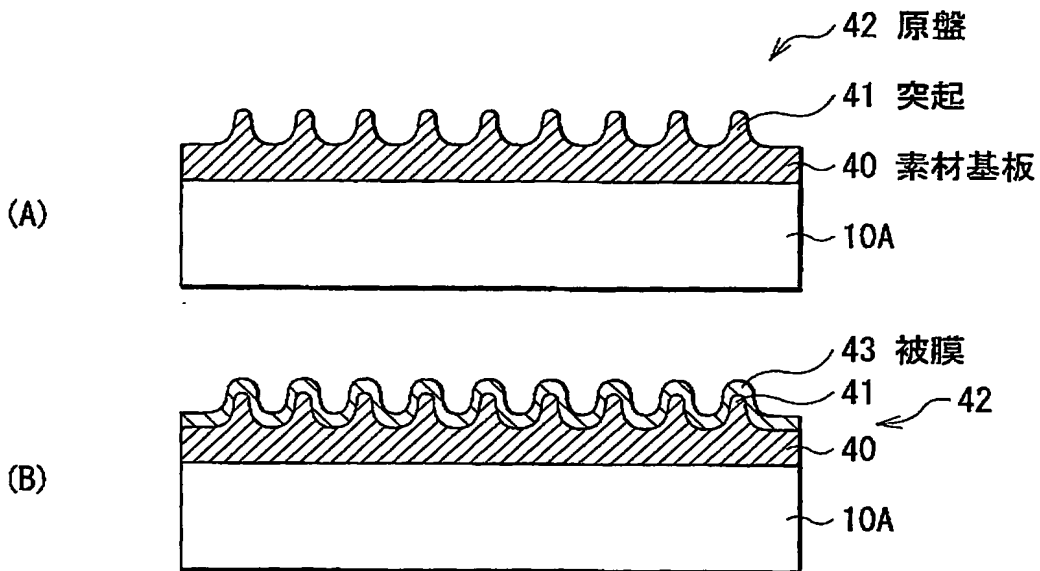


100 nm

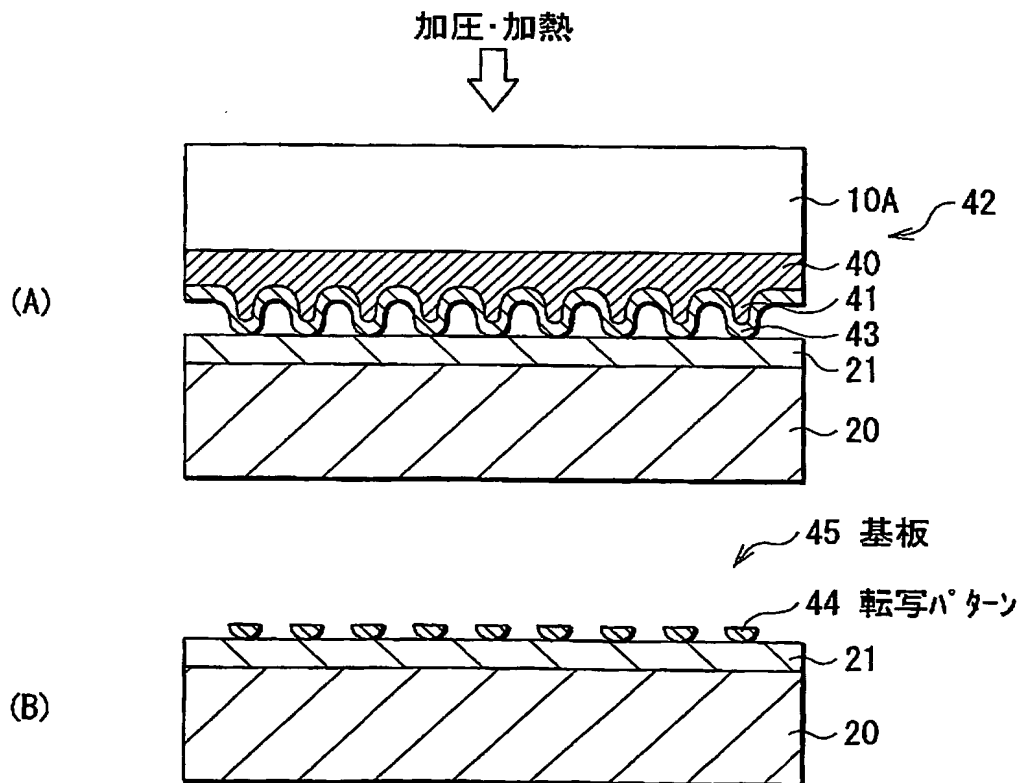
【図 17】



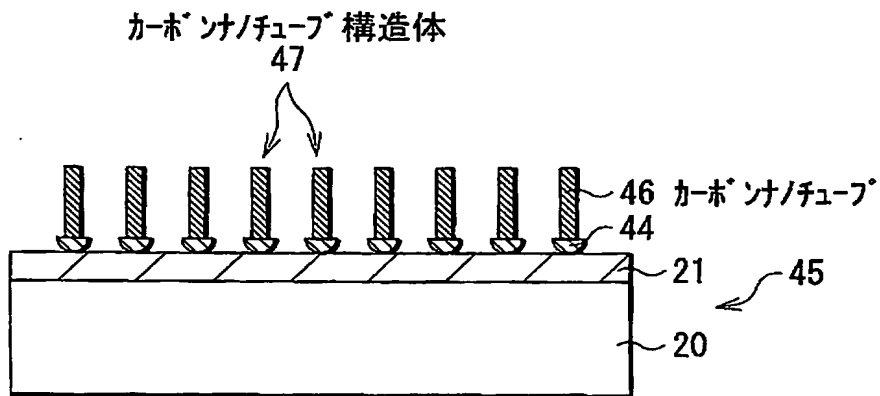
【図 18】



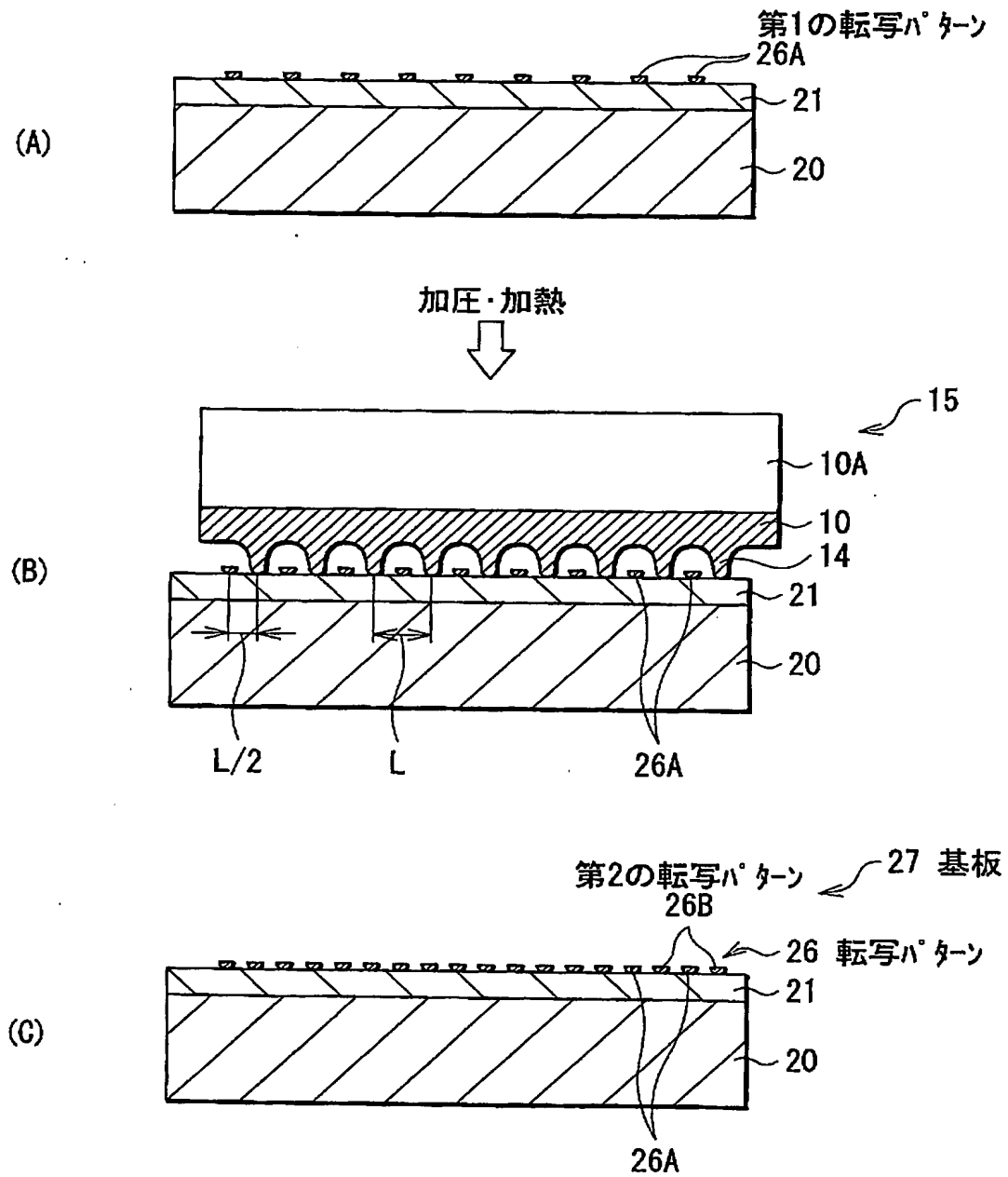
【図 19】



【図 20】



【図 21】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 より微細なパターンを所望の位置に精度よく転写可能な転写用原盤の製造方法を提供する。

【解決手段】 鉄 (Fe) などの金属触媒よりなる素材基板 10 に対して熱分布を与え、表面を熔融させたのち、素材基板 10 の表面を放熱させることにより、熱分布に応じた位置に突起 14 のパターンを有する原盤 15 を形成する。原盤 15 と被転写基板 20 とを対向させて密接させ、突起 14 のパターンを被転写基板 20 に転写し、転写パターン 22 を有する基板 23 を形成する。原盤 15 と被転写基板 20 との相対的位置をずらして、突起 14 のパターンを複数回転写するようにしてもよい。また、突起 14 の表面に鉄などの金属触媒よりなる被膜を形成してもよい。

【選択図】 図 3

特願 2 0 0 3 - 0 0 3 7 7 5

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 2 1 8 5]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 3 0 日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都品川区北品川 6 丁目 7 番 3 5 号

氏 名

ソニー株式会社

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☒ **BLACK BORDERS**

☒ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**

☒ **FADED TEXT OR DRAWING**

☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**

☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**

☒ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**

☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**

☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**

☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**

☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.